

賛助会員紹介

浜松ホトニクス株式会社

河田 陽一, 鈴木 真澄, 川嶋 利幸

浜松ホトニクス(株)中央研究所

(〒 434-8601 静岡県浜松市浜名区平口 5000)

1. はじめに

浜松ホトニクス株式会社は昨年 70 周年を迎えました。光に無限の可能性があると信じ、様々な産業の基盤になる光技術のさらなる進化を目指すと同時に、「できないと言わずにやってみろ！」の掛け声のもと、未だ解明されていない光の本質に迫るべく研究を進めております。本稿では、浜松ホトニクス中央研究所が取り組む 5 つの分野（光情報処理・計測、材料、エネルギー、光バイオ、健康医療）の新技術・成長産業創出の側面、特にレーザー技術周辺に注目して、その概要を紹介します。

2. 浜松ホトニクス中央研究所のレーザー研究

浜松ホトニクス中央研究所は、レーザー光そのものを発生させる技術と、レーザー光を利用した応用技術の両方の研究に取り組んでおります。レーザー光を発生させる技術としては 2 次元のビームパターンを出力する“iPMSEL[®]”と、テラヘルツ帯の光を発生させる量子カスケードレーザー光源“THz 非線形 QCL”をご紹介します。レーザー光を使用した研究としてはレーザー光を用いて核融合を引き起こす“レーザー核融合”に関する研究、レーザー加工機の性能を大幅に上昇させる空間光変調器“SLM”，医療・バイオの分野から“レーザー光による薬剤の溶解性改善”をご紹介します。

2.1 超小型パターン光源：iPMSEL

半導体レーザーが持つ特徴である小型・軽量・高効率に加えて、自在なビームパターンの出射を目指して開発したのが iPMSEL (integrable Phase Modulating Surface Emitting Lasers) です。フォトリソ技術を用いた超小型のチップからパターン化されたレーザー光が出射できます²⁾。Fig. 1 は 4×4 個のパターンを切替照射出来るようにした 2 mm 角未満のチップです。Fig. 2 は iPMSEL から出射した縞状のパターンを立体的な物体に照射した例です³⁾。三角測量の原理により、得られた画

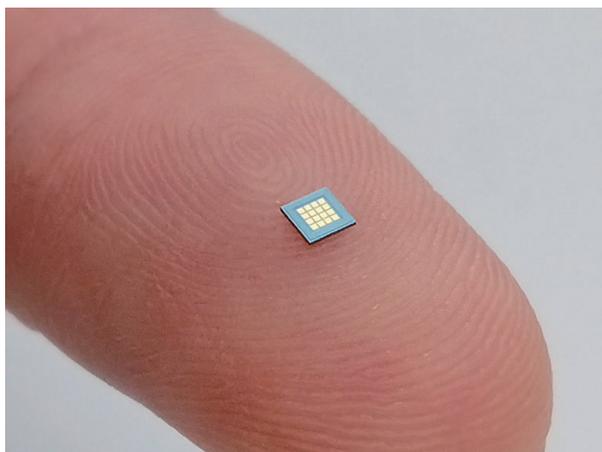


Fig. 1 iPMSEL array.

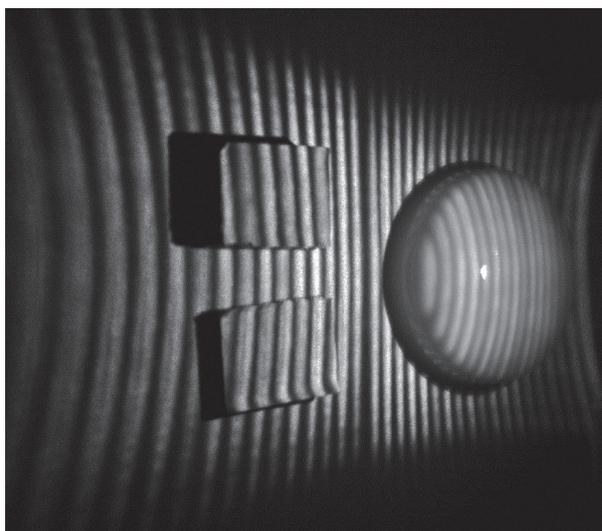


Fig. 2 Fringe pattern projected from the iPMSEL.

像から三次元の形状情報を得ることが出来ます。従来は光源とパターン化素子を別に用意する必要がありましたが、一体化することで超小型な三次元計測光源を実現できる可能性があります。

2.2 室温動作可能な半導体テラヘルツ光源：THz 非線形 QCL

量子カスケードレーザー QCL (Quantum Cascade Laser) は量子井戸構造内のサブバンド間遷移を利用したレーザーで、一般的なレーザーダイオードとは動作原理が異なります。この構想を元とすればテラヘルツ帯でのレーザー発振も可能で、多くの研究例がありますが、光子エネルギーの小さなテラヘルツ波を室温で発生させることは容易ではありません。そこで、より発振しやすい中赤外域の QCL を 2 波長発振させ、さらにその内部での差周波発生プロセスにより、常温で単一の素子からテラヘルツ波を発生させることに成功しました。本技術は 1 THz を切るサブテラヘルツ波発生、外部共振機構を用いた周波数可変 QCL モジュール (Fig. 3: 0.42~2 THz)⁴⁾へ

^{†1} <https://www.hamamatsu.com/jp/ja/our-company/business-domain/central-research-laboratory/optical-materials/ipmsel.html>

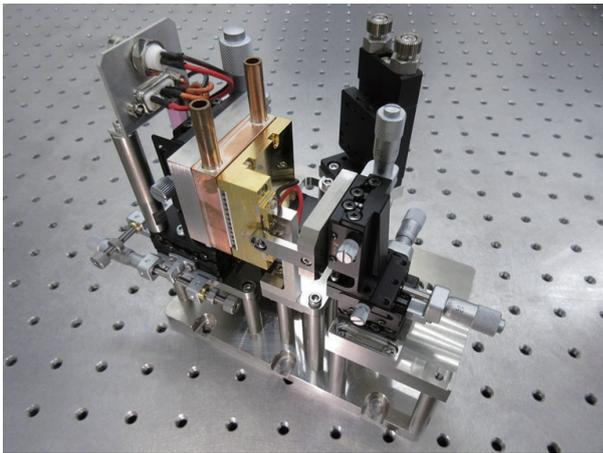


Fig. 3 External view of QCL module.

と進展しております(本研究の一部は総務省の「戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)」の委託(受付番号 JP195006001)を受けたものです.)。

2.3 レーザー核融合と LD 励起パルスレーザー

米国 NIF にて、“投入したエネルギーを上回る出力が得られる”エネルギーでのブレークイーブンが達成されたことにより、にわかに注目を集めるレーザー核融合ですが、その実用化には多くの課題があります。その中の一つがレーザーの高繰返し化で、1秒間に10発(10 Hz)の出力が必要です。これまでにレーザー媒質の冷却と励起用 LD(Laser Diode)モジュールの出力最適化により、1パルス当たり 100 J、10 Hz のパルスレーザーを出力することに成功しております(Fig. 4)。パルス幅は 30 ns、波長は 1030 nm です。本格的なレーザー核融合の実用化には 1 MJ 以上が必要とされ、そのためには 1~10 kJ を 1 ビームで出力する大出力レーザー技術の確立が求められています。浜松ホトニクスでは、次の 250 J、10 Hz および 1 kJ、10 Hz を重要なマイルストーンとして、研究開発を継続しております^{5,6)}。

2.4 空間光変調器(SLM)の耐光性能の向上

空間光変調器 SLM(Spatial Light Modulator)はレーザー加工の高機能化に利用されています。例えば、高出力の



Fig. 4 External view of the laser system producing laser pulses of 100 J at 10 Hz.

パルスレーザーを複数に分岐することで、1点に集光して加工する方法に比べ高速・高精度に加工できることが分かっています。電気的な制御によりレーザー光をコントロールできるため、次世代の IT 技術との親和性も高く、AI による加工条件の探索などで重要なツールになると期待されます。

このような加工技術の実用性を高めるために、SLM の耐光性能の向上に取り組みました。これにより、より強力な産業用レーザーに対しても SLM を使用できるようになります。誘電体多層膜ミラーの薄膜設計と画素電極の回路の見直しにより、従来製品の 10 倍以上となる耐光性能 400 GW/cm² を達成しました(Fig. 5)(本研究開発の一部は、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第 2 期の委託事業によって実施しました.)。

2.5 レーザー光による薬剤の溶解性改善

固体材料表面に強力なレーザーを照射すると破砕が進行し、ナノ粒子が生成されることが知られています。我々はこの技術を医薬品分野に応用するための研究を進めています。抗がん剤パクリタキセル(PTX)は難水溶性であるために、市販注射用製剤の Taxol[®] では、エタノールとポリオキシエチレンヒマシ油を用いて溶解性を高めていますが、これらの添加剤が原因となり、重篤なアレルギー反応が発現します。我々は、アレルギー反応の原因となる添加剤を用いることなく、近赤外パルスレーザー照射によって PTX ナノ粒子を作製することに成功しました(Fig. 6)。得られたナノ粒子は大幅に溶解性が改善され、市販製剤と同等の治療効果を確認しました⁷⁾。レーザー照射によるナノ粒子化技術は、非接触のため不純物の混入が防げるという利点があり、薬剤のナノ粒子化に適しています。PTX のみならず、様々な難水溶性薬物への応用が期待されます。

3. まとめ

浜松ホトニクスのレーザー関連の技術について、中央

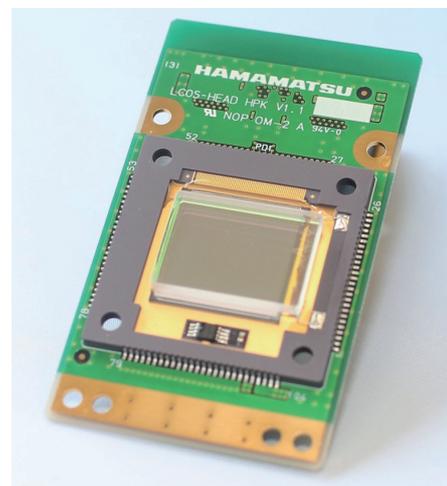


Fig. 5 SLM with high pulse laser power capability up to 400 GW/cm².

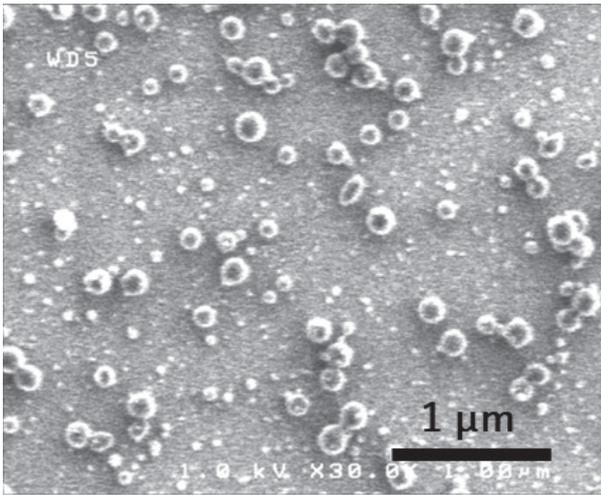


Fig. 6 SEM image of PTX nanoparticles.

研究所の研究を中心にご紹介しました。浜松ホトニクスでは他にも半導体レーザーやその応用製品、固体レーザー、ステルスダイシング™技術などを取り扱っております。また、中央研究所では他にも光に関連するさまざまなテーマ、量子や半導体・分光分析・バイオ・医療・

農業などの研究を進めております。浜松ホトニクスはこれからも未知未踏の領域に正面から向き合う果敢な精神のもと、光技術で、社会・環境・人類の課題を解決するソリューションを提供し続けます。

参考文献

- 1) M. Imada, S. Noda, A. Chutinan, T. Tokuda, M. Murata, and G. Sasaki: *Appl. Phys. Lett.* **75** (1999) 316.
- 2) Y. Kurosaka, K. Hirose, T. Sugiyama, Y. Takiguchi, and Y. Nomoto: *Sci. Rep.* **6** (2016) 30138.
- 3) K. Hirose, K. Watanabe, H. Kamei, T. Sugiyama, Y. Takiguchi, and Y. Kurosaka: *Opt. Lett.* **48** (2023) 1387.
- 4) K. Fujita, S. Hayashi, A. Ito, T. Dougakiuchi, M. Hitaka, and A. Nakanishi: *Photon. Res.* **10** (2022) 703.
- 5) T. Sekine, T. Kurita, Y. Hatano, Y. Muramatsu, M. Kurata, T. Morita, T. Watari, T. Iguchi, R. Yoshimura, Y. Tamaoki, *et al.*: *Opt. Express* **30** (2022) 44385.
- 6) T. Morita, T. Sekine, Y. Muramatsu, Y. Hatano, Y. Tamaoki, Y. Ikeya, Y. Kato, and T. Kawashima: *Rev. Laser Eng.* **50** (2022) 661 (in Japanese).
森田 宇亮, 関根 尊史, 村松 侑輝, 幡野 佑真, 玉置 善紀, 池谷 有貴, 加藤 義則, 川嶋 利幸, *レーザー研究* **50** (2022) 661.
- 7) M. Suzuki, G. Takebe, T. Tokio, and H. Tsukada: *Chem. Pharm. Bull.* **70** (2022) 269.